

62 JUN 2005
PCT/JP03/14976

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

25.11.03

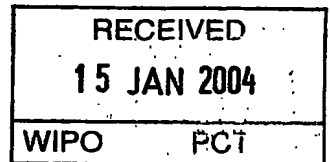
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年12月 3日

出願番号
Application Number: 特願2002-350639
[ST. 10/C]: [JP 2002-350639]

出願人
Applicant(s): ソニー株式会社

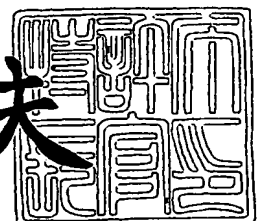


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年12月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3107648

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290596604

【提出日】 平成14年12月 3日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/302
H03J 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 多田 正裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 木下 隆

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 御手洗 俊

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 伊藤 康幸

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086298

【弁理士】

【氏名又は名称】 船橋 國則

【電話番号】 046-228-9850

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007364

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904452

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロマシンおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にパターン形成された出力電極と、
前記基板を覆う状態で設けられると共に前記出力電極を底部とした孔パターン
を備えてなる層間絶縁膜と、

前記孔パターン内を空間部としてこの上部を横切るように前記層間絶縁膜上に
設けられた帯状の振動子電極とを備えたマイクロマシンにおいて、

前記振動子電極は、前記孔パターンの側壁に沿って当該孔パターン側に凹状に
設けられている

ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項2】 請求項1記載のマイクロマシンにおいて、
前記振動子電極の前記孔パターン側に凹状となる部分の表面は、前記層間絶縁
膜の表面よりも低く設けられている

ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項3】 請求項1記載のマイクロマシンにおいて、
前記孔パターンの両脇に位置する前記振動子電極の両端部分が、前記層間絶縁
膜と、当該層間絶縁膜上に設けられた絶縁膜との間に挟持されている

ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項4】 請求項1記載のマイクロマシンにおいて、
前記振動子電極は、前記孔パターンを塞ぐ状態で配置されると共に、当該孔パ
ターン内の空間部に連通する孔部を備えている

ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項5】 請求項1記載のマイクロマシンにおいて、
前記出力電極は、前記層間絶縁膜に埋め込まれている
ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項6】 基板上にパターン形成された出力電極と、
前記基板を覆う状態で設けられると共に前記出力電極を底部とした孔パターン
を備えてなる層間絶縁膜と、

前記孔パターン内を空間部としてこの上部を横切るように前記層間絶縁膜上に設けられた帯状の振動子電極とを備えたマイクロマシンにおいて、

前記孔パターンの両脇に位置する前記振動子電極の両端部分が、前記層間絶縁膜と、当該層間絶縁膜上に設けられた絶縁膜との間に挟持されていることを特徴とするマイクロマシン。

【請求項7】 請求項6記載のマイクロマシンにおいて、前記振動子電極は、前記孔パターンを塞ぐ状態で配置されると共に、当該孔パターンの空間部に連通する孔部を備えていることを特徴とするマイクロマシン。

【請求項8】 請求項6記載のマイクロマシンにおいて、前記出力電極は、前記層間絶縁膜に埋め込まれていることを特徴とするマイクロマシン。

【請求項9】 基板上に出力電極をパターン形成すると共に、当該出力電極を底部とした孔パターンを備えた層間絶縁膜を前記基板上に形成する第1工程と、前記孔パターンの底部に前記層間絶縁膜の表面よりも低い表面高さで犠牲層を形成し、当該犠牲層によって当該孔パターンの底部の出力電極表面を覆う第2工程と、

前記犠牲層の一部を露出させた状態で当該犠牲層上を横切る帯状の振動子電極を、前記孔パターンの内壁に沿って当該孔パターン側に凹状となるように前記犠牲層および前記層間絶縁膜上にパターン形成する第3工程と、

前記孔パターン内の犠牲層を選択的に除去することで、前記出力電極と前記振動子電極との間に空間部を設ける第4工程とを行う

ことを特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項10】 基板上に出力電極をパターン形成すると共に、当該出力電極を底部とした第1孔パターンを備えた層間絶縁膜を前記基板上に形成する第1工程と、

前記第1孔パターン底部の出力電極表面を犠牲層で覆う第2工程と、

前記犠牲層の一部を露出させた状態で当該犠牲層上を横切る帯状の振動子電極

を、前記犠牲層および前記層間絶縁膜上にパターン形成する第3工程と、

前記振動子電極を覆う状態で前記層間絶縁膜上に絶縁膜を形成し、当該絶縁膜に前記振動子電極および前記犠牲層を露出する第2孔パターンを形成する第4工程と、

前記第2孔パターンを介して前記第1孔パターン内の犠牲層を選択的に除去することで、前記出力電極と前記振動子電極との間に空間部を設ける第5工程とを行う

ことを特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はマイクロマシンおよびその製造方法に関し、特に空間部を介して出力電極上を横切るように振動子電極が設けられたマイクロマシンおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

基板上における微細加工技術の進展に伴い、シリコン基板、ガラス基板等の基板上に、微細構造体とこの駆動を制御する電極および半導体集積回路等を形成するマイクロマシン技術が注目されている。

【0003】

その中の一つに、下記非特許文献1に示すように、無線通信用の高周波フィルタとしての利用が提案されている微小振動子がある。図14に示すように、微小振動子100は、基板101上に設けられた出力電極102aの上方に、空間部Aを介して振動子電極103を配置してなる。この振動子電極103は、出力電極102aと同一の導電層で構成された入力電極102bに一端部が接続されており、入力電極102bに特定の周波数電圧が印加された場合に、出力電極102a上に空間部Aを介して設けられた振動子電極103のビーム（振動部）103aが固有振動周波数で振動し、出力電極102aとビーム（振動部）103aとの間の空間部Aで構成されるキャパシタの容量が変化し、これが出力電極10

2 a から出力される。このような構成の微小振動子 100 からなる高周波フィルタは、表面弾性波 (SAW) や薄膜弾性波 (FBAR) を利用した高周波フィルタと比較して、高い Q 値を実現することができる。

【0004】

【非特許文献 1】

C.T.-C.Nguyen, "Micromechanical components for miniaturized low-power communications(invited plenary),"proceedings,1999 IEEE MTT-S International Microwave Symposium RF MEMS Workshop, June, 18, 1999, pp.48-77.

【0005】

このような微小振動子の製造は、次のように行う。先ず、図 15 (a) に示すように、表面が絶縁膜で覆われた基板 101 上に、ポリシリコンからなる出力電極 102 a、入力電極 102 b、支持電極 102 c を形成する。これらの電極 102 a ~ 102 c は、出力電極 102 a を挟んだ両側に入力電極 102 b と支持電極 102 c とが配置される。次いで、これらの電極 102 a ~ 102 c を覆う状態で、基板 101 上に酸化シリコンからなる犠牲層 105 を形成する。

【0006】

次に、図 15 (b) に示すように、犠牲層 105 に、入力電極 102 b および支持電極 102 c に達する接続孔 105 b, 105 c を形成する。その後、これらの接続孔 105 b, 105 c 内を含む犠牲層 105 上にポリシリコン層 106 を形成する。

【0007】

次いで、図 15 (c) に示すように、このポリシリコン層 106 をパターンエッチングすることで、出力電極 102 a 上を通過する帯状の振動子電極 103 を形成する。この際、ポリシリコンからなる入力電極 102 b および支持電極 102 c のエッチングを防止するために、接続孔 105 b, 105 c が完全に覆われるようにポリシリコン層 106 のパターンエッチングを行う。

【0008】

以上の後、犠牲層 105 を選択的に除去し、これによって先の図 14 に示すように、出力電極 102 a と振動子電極 103 との間に空間部 A を形成して、微小

振動子 100 を完成させる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

図 16 は、上述した構成の微小振動子 100 のビーム（振動部） 103 a の長さ（ビーム長） L と固有振動周波数との関係を示す図である。この図に示すように、下記式（1）に基づく理論上の固有振動周波数（Theory）は、 $(1/L^2)$ に比例する。このため、高周波化を達成するためには、ビーム長 L を縮小する必要がある。

【数 1】

$$f_R = \frac{0.162 h}{L^2} \sqrt{\frac{EK}{\rho}} \quad \dots(1)$$

h : 膜厚
E : ヤング率
K : 電磁カップリング率
 ρ : 膜密度

【0010】

ところが、上述した微小振動子 100 においては、出力電極 102 a を跨ぐ様に空間部 A および振動子電極 103 が設けられるため、出力電極 102 a の線幅よりもビーム長 L を短くすることはできない。

【0011】

また、高周波化のためにビーム長 L を微細化しようとした場合、出力電極 102 a の線幅も微細化する必要があるため、出力電極 102 a と振動子電極 103 との間の容量が小さくなり出力が低下してしまう。以上のことは、ビーム長 L の微細化による高周波化の達成を制限する要因になっている。

【0012】

そこで本発明は、ビーム長の微細化による高周波化をさらに進めることが可能な振動子電極を有するマイクロマシンおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するための本発明のマイクロマシンは振動子電極を備えたものであり、基板上にパターン形成された出力電極を備えており、この出力電極を底部とした孔パターンを備えた層間絶縁膜が基板上に形成されている。また、この層間絶縁膜上には、孔パターン内を空間部としてこの上部を横切るように帯状の振動子電極が設けられている。そして特に、本発明の第1のマイクロマシンは、振動子電極が孔パターンの側壁に沿って当該孔パターン側に凹状に設けられていることを特徴としている。

【0014】

このような構成の第1のマイクロマシンにおいては、孔パターン上を横切る振動子電極部分が、当該振動子電極のビーム（以下、振動部と記す）となる。このため、出力電極の幅に依存することなく、孔パターンの大きさによって振動部の長さ（すなわちビーム長）が設定され、出力電極の幅よりも短い振動部を有する振動子電極が得られる。しかも、この振動子電極は、その下面が層間絶縁膜の上面で支持されるだけでなく、振動部の側面となる部分が孔パターンの側壁部分によって支持された状態となる。したがって、層間絶縁膜に対する振動子電極の支持が確実となり、振動部のみを振動に寄与させることが可能になる。また、孔パターンの側壁に沿って配置される振動子電極の膜厚分だけ振動部の長さが短縮されるため、実質的な振動部の長さは、孔パターンの開口径よりも短くなる。

【0015】

また、特に、本発明の第2のマイクロマシンは、孔パターンの両脇に位置する振動子電極の両端部分が、層間絶縁膜とこの上部に設けられた絶縁膜との間に挟持されていることを特徴としている。

【0016】

このような構成の第2のマイクロマシンにおいては、第1のマイクロマシンと同様に、孔パターン上を横切る振動子電極部分が当該振動子電極の振動部となるため、出力電極の幅よりも短い振動部を有する振動子電極が得られる。しかも、この振動子電極は、孔パターンの両脇、すなわち振動部の両脇部分が、層間絶縁膜とこの上部に設けられた絶縁膜との間に挟持されているため、層間絶縁膜と絶

縁膜とで確実に支持され、振動部のみを振動に寄与させることが可能になる。

【0017】

また本発明は、上述した構成の第1のマイクロマシンの製造方法および第2のマイクロマシンの製造方法でもある。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。尚、各実施形態においては、高周波フィルタに好適な微小振動子としてのマイクロマシンの構成およびその製造方法をこの順に説明する。

【0019】

<第1実施形態>

図1(a)は第1実施形態のマイクロマシンの構成を示す断面図であり、図1(b)は第1実施形態のマイクロマシンの構成を示す平面図である。尚、図1(a)は図1(b)のA-A'断面に相当する。

【0020】

これらの図に示すマイクロマシン1は、半導体基板3の表面を絶縁膜4で覆ってなる基板5上に形成されている。この基板5上には、出力電極7がパターン形成されている。この出力電極7は、マイクロマシン1の構成部から引き出されて基板5上において配線されている。

【0021】

また、基板5上には、この出力電極7を覆う状態で、層間絶縁膜9が設けられている。この層間絶縁膜9は、出力電極7を埋め込む状態で表面平坦に形成されていることが好ましいが、このような形状に限定されることはなく、出力電極7の配置に追従した凸部を有する表面形状で、この出力電極7を覆うものであっても良い。

【0022】

このような層間絶縁膜9には、出力電極7に達する孔パターン9aが設けられている。この孔パターン9aは、出力電極7上からはみ出すことなく、出力電極7上のみ配置される。ただし、この孔パターン9aの開口径Lは、このマイク

ロマシン 1 における振動数を決定する因子の 1 つとなる。したがって、この孔パターン 9 a は、マイクロマシン 1 で構成される高周波フィルタに必要とされる振動数によって規定された開口径 L で形成されていることとする。

【0023】

また、層間絶縁膜 9 上には、孔パターン 9 a 内を空間部 A としてこの上部を横切るように帯状の振動子電極 11 が設けられており、空間部 A 上、すなわち孔パターン 9 a に重ねて配置された部分が振動部（ビーム）11 a となる。したがって、孔パターン 9 a の開口径 L が、このマイクロマシン 1 の振動部（ビーム）11 a のビーム長 L となる。この振動子電極 11 は、その振動部 11 a が、孔パターン 9 a の側壁に沿って、孔パターン 9 a 側に凹状に設けられている。そして、振動子電極 11 の孔パターン 9 a 側に凹状となる部分（振動部 11 a の中央部分）の表面は、図 1（a）に示すように、層間絶縁膜 9 の表面よりも任意の値 d（例えば $d = 0.2 \mu\text{m}$ ）だけ低く設けられていることが好ましい。

【0024】

また、層間絶縁膜 9 上には、振動子電極 11 に接続された配線 15 が設けられている。尚、配線 15 は、振動子電極 11 と同一層で形成されたものであっても良い。

【0025】

次に、上述した第 1 実施形態のマイクロマシンの製造方法の一例を、図 2 および図 3 の断面工程図を用いて詳細に説明する。

【0026】

まず、図 2（1）に示すように、単結晶シリコンなどの半導体基板 3 上を絶縁層 4 で覆ってなる基板 5 を形成する。この絶縁層 4 は、その最表面が、以降に行われる犠牲層（例えば酸化シリコン）のエッチング除去に対してエッチング耐性を有する材料で構成されることが好ましい。そこで、例えば、半導体基板 3 との間の応力を緩和するための酸化シリコン膜 4 a を介して、上述したエッチング耐性を有する窒化シリコン膜 4 b をこの順に積層してなる絶縁層 4 を形成することとする。尚、これらの酸化シリコン膜 4 a および窒化シリコン 4 b は、例えば減圧 CVD 法によって形成される。

【0027】

次に、図2(2)に示すように、基板5上に第1導電層をパターンニングしてなる出力電極7を形成する。この出力電極7を構成する第1導電層は、例えばリン(P)を含有するポリシリコン等のシリコン層であることとする。なお、第1電極層のパターンニングおよび以下に示す各構成部のパターン形成は、リソグラフィー処理で形成したレジストパターンをマスクにして材料膜をエッチングすることによって行われることとする。

【0028】

その後、図2(3)に示すように、出力電極7を覆う状態で、基板5上を層間絶縁膜9で覆う。この際、例えば、出力電極7が埋め込まれるように基板5上に出力電極7の膜厚よりも厚い膜厚で層間絶縁膜9を形成し、この層間絶縁膜9の表面を平坦化することが好ましい。この層間絶縁膜9は、後に行われる犠牲層のエッチング除去に対してエッチング耐性を有する絶縁性材料からなることとする。この際、例えば上述した犠牲層を酸化シリコンで形成する場合には、窒化シリコンからなる層間絶縁膜9を形成することとする。尚、層間絶縁膜9は、表面平坦に出力電極7を埋め込むように形成される必要はなく、出力電極7の配置に追従した表面形状を有して当該出力電極7を覆う様に形成されても良い。また、窒化シリコンからなる層間絶縁膜9は、例えば減圧CVD法によって形成される。

【0029】

次いで、この層間絶縁膜9に、出力電極7に達する孔パターン9aを形成する。この孔パターン9aは、上述したように、完全に出力電極7上のみに配置されるような開口形状で形成されることとし、これにより、孔パターン9aの底部を出力電極7とする。

【0030】

次いで、図2(4)に示すように、孔パターン9aの底部に露出している出力電極7の表面を犠牲層10で覆う。この犠牲層10は、層間絶縁膜9および出力電極7に対して選択的に除去が可能な材料、例えば酸化シリコンで構成されることとする。この場合、例えば窒化シリコンからなる層間絶縁膜9をマスクにしてポリシリコンからなる出力電極7の表面を酸化させ、これにより出力電極7の露

出表面を酸化シリコンからなる犠牲層 10 で覆う。またここでは、犠牲層 10 の表面が、層間絶縁膜 9 の表面よりも十分に低くなるように、すなわち犠牲層 10 形成後にも孔パターン 9 a 部分が凹状に維持されるように、犠牲層 10 の形成を行うことが重要である。

【0031】

以上の後、図 3 (5) に示すように、底部が犠牲層 10 で覆われた孔パターン 9 a の内壁を覆う状態で、層間絶縁膜 9 上に第 2 導電層 12 を成膜する。この第 2 導電膜 12 は、以降に行われる犠牲層 10 のエッチングに対して耐性を有する材料からなることとする。このため、犠牲層 10 が酸化シリコンからなる場合には、第 2 導電層 12 は例えばポリシリコン膜で構成されることとする。また、この第 2 導電層 12 において、孔パターン 9 a 側に凹状となる部分の表面が、層間絶縁膜 9 の表面よりも低くなるように、当該第 2 導電層 12 の膜厚が設定されることとする。

【0032】

次いで、図 3 (6) に示すように、第 2 導電層 12 をパターニングすることで、犠牲層 10 および層間絶縁膜 9 上に振動子電極 11 をパターン形成する。この振動子電極 11 は、犠牲層 10 を横切り、孔パターン 9 a の一部および孔パターン 9 a 内に形成された犠牲層 10 の一部を露出する帯状にパターン形成されることとする。この場合、例えば図 1 (b) に示したように、振動子電極 11 の両脇から、孔パターン 9 a を露出させても良い。また、振動子電極 11 の幅 W 方向（ビーム長 L と着垂直な方向）の片側からのみ、孔パターン 9 a および犠牲層 10 を露出させても良い。

【0033】

次に、図 3 (7) に示すように、振動子電極 11 に接続する配線 15 を層間絶縁膜 9 上に形成する。この配線 15 を形成する場合には、例えば先ず、基板 5 上の全面に金 (Au) のシード層（図示省略）を形成した後、配線を形成する部分を露出させて他の部分を覆うレジストパターン（図示省略）を形成する。次いで、メッキ法によりレジストパターンの開口部内のシード層上にメッキ層を成長させて配線 15 を形成する。配線 15 形成後には、レジストパターンを除去し、さ

らにシード層を除去するための全面エッチングを行う。尚、この配線 15 を、振動子電極 11 と同一層で構成する場合には、この工程を行う必要はない。

【0034】

以上の後、配線 15、振動子電極 11、層間絶縁膜 9 および出力電極 7 に対して選択的に犠牲層 10 をエッチング除去する。この際、バッファードフッ酸を用いたウェットエッチングを行うことで、振動子電極 11 下の酸化シリコンからなる犠牲層 10 を確実に除去する。

【0035】

これにより、図 1 (a) および図 1 (b) に示すように、振動子電極 11 の下部に犠牲層を除去してなる空間部 A を形成すると共に、孔パターン 9 a 底部の出力電極 7 を露出させる。そして、孔パターン 9 a 内を空間部 A としてこの上部を横切るように、層間絶縁膜 9 上に帯状の振動子電極 11 を設けてなるマイクロマシン 1 を得る。

【0036】

以上説明した構成の第 1 実施形態のマイクロマシン 1 においては、層間絶縁膜 9 に形成された孔パターン 9 a 内を空間部 A として、この上部を横切るように振動子電極 11 が配置されている。このため、特定の周波数の電圧を印可して振動子電極 11 を振動させた場合、孔パターン 9 a 上を横切る振動子電極 11 部分が振動し、この部分が振動子電極 11 のビーム（振動部）11 a となる。したがって、孔パターン 9 a の大きさによって、振動部 11 a の長さ（ビーム長 L）が設定されることになる。

【0037】

このため、図 14 を用いて説明したような、出力電極 102 a を跨ぐように空間部 A および振動子電極 103 が配置される従来の構成のマイクロマシンにおいては、振動子電極 103 のビーム長 L を出力電極 102 a の最小加工寸法よりも小さくすることはできなかったが、図 1 に示した本第 1 実施形態のマイクロマシン 1 においては、出力電極 7 の線幅によらず、振動子電極 11 のビーム長 L を孔パターン 9 a の最小加工寸法にまで縮小することが可能になる。したがって、さらなるビーム長 L の微細化と、これによる高周波化の達成が可能となる。

【0038】

また、振動子電極11と出力電極7との間に生じる容量を、従来の構成のマイクロマシン（図14参照）と本第1実施形態のマイクロマシン1とで比較した場合、本第1実施形態のマイクロマシン1のほうが、振動子電極11と出力電極7との対向面積をビーム長Lに対して広くすることができるため、ビーム長Lに対する容量を大きくすることができる。したがって、高周波化を目的としてビーム長Lを微細化した場合であっても、出力を維持することが可能になる。

【0039】

そして特に、本第1実施形態の構成のマイクロマシン1においては、振動子電極11の両端部、すなわち振動部11aを支持するアンカー部分が、その全面にわたって層間絶縁膜9に対して固定されているだけでなく、振動部11aの側面が孔パターン9aの側壁部分によって支持された状態となっている。したがって、層間絶縁膜9に対する振動子電極11の支持が確実となり、振動部11aのみを効率良く振動に寄与させることが可能になる。この結果、所定周波数の電圧を印可して振動子電極11を振動させた場合、ビーム（振動部）15aのみが振動に関与して振動することになる。したがって、固有振動周波数が、上述した式（1）を満たす理論上の値（振動部の長さLの二乗に反比例した値）により近くなる。このことから、微細化による高周波化の達成が容易になると言える。

【0040】

またさらに、このマイクロマシン1の振動子電極11は、孔パターン9aの側壁に沿って配置される振動子電極11の膜厚分だけ振動部11aの長さが短縮される。このため、実質的に振動する振動部分の長さは、孔パターン9aの開口幅よりも短くなる。このことから、高周波化の達成が容易となっている。

【0041】

図4には、各構成のマイクロマシンにおける、固有振動数のビーム長L依存性のシミュレーション結果の図を示す。この図に示すように、第1実施形態のマイクロマシンにおいては、固有振動数のビーム長依存性が、上述した式（1）を満たす理論上の値（Theory）により近くなり、微細化による高周波化の達成が容易になることが確認された。

【0042】

これに対して、図14に示した従来構造のマイクロマシンにおいては、製造工程上の都合から、ビーム（振動部）103aを支持するアンカー部分の先端が、下地に密着しない底部Bが形成されるため、この底部Bが、ビーム（振動部）103aの振動に対して影響を及ぼしていた。このため、ビーム長Lが微細化された領域においては、固有振動周波数が、上述した式（1）を満たす理論上の値を下回り、ビーム長Lの微細化による高周波化が困難であった。

【0043】

以上の結果、本構成のマイクロマシン1を用いることで、Q値が高くかつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【0044】

また特に、出力電極7を埋め込む層間絶縁膜9の表面を平坦に形成した場合、層間絶縁膜9を介して出力電極7と振動子電極11との間に生じる寄生容量（振動に寄与しない部分の容量）を最小限に抑えることができる。このため、このマイクロマシン1からなる高周波フィルタにおいての、周波数の選択性（透過特性）の向上を図ることも可能になる。

【0045】

尚、上述した第1実施形態においては、図1（b）に示したように、振動子電極11の線幅Wが同一である場合を説明したが、振動子電極11は層間絶縁膜9上に配置された両端部に線幅の大きな部分が設けられた形状であっても良く、このような形状とすることで、さらにビーム（振動部）11aの支持を確実にすることが可能になる。

【0046】

<第2実施形態>

図5（a）は第2実施形態のマイクロマシンの構成を示す断面図であり、図5（b）は第2実施形態のマイクロマシンの構成を示す平面図である。尚、図5（a）は図5（b）のA-A'断面に相当する。

【0047】

これらの図に示す第2実施形態のマイクロマシン20と、第1実施形態におい

て図1を用いて説明したマイクロマシンとの異なるところは、振動子電極11'の構成にあり、他の構成は同様であることとする。

【0048】

すなわち、これらの図5(a), 図5(b)に示すマイクロマシン20の振動子電極11'は、層間絶縁膜9に形成された孔パターン9a内を空間部Aとしてこの空間部Aを塞ぐような幅Wで設けられており、かつ空間部Aに達する孔部11bを有している。そして、このような振動子電極11'では、空間部A上、すなわち孔パターン9aに重ねて配置された部分が振動部11a'となることは、第1実施形態と同様である。

【0049】

ここで孔部11bは、図示したように、振動子電極11'に1箇所設けられても良いし、2箇所以上の複数箇所設けられても良い。ただし、孔部11bの開口面積率(孔パターン9aに対する)および配置状態(個数も含む)は、本第2実施形態のマイクロマシン20を高周波フィルタとして用いた場合に、目的とする周波数帯域の出力が得られる様に適宜設定されることとする。

【0050】

また第1実施形態と同様に、この振動子電極11'は、その振動部11a'が、孔パターン9aの側壁に沿って、孔パターン9a側に凹状に設けられていることとし、さらに、振動子電極11の孔パターン9a側に凹状となる部分(振動部11aの中央部分)の表面が層間絶縁膜9の表面よりも任意の値(d)だけ低く設けられていることが好ましい。

【0051】

このような構成の振動子電極11'を備えたマイクロマシン20を製造する場合には、第1実施形態のマイクロマシンの製造方法において、図3(6)を用いて振動子電極をパターン形成する工程で、孔パターン9aを覆うと共に孔パターン9a内の犠牲層10に達する孔部を有する振動子電極を形成し、次にこの孔部を介して犠牲層10を選択的に除去すると言った方法が採用される。

【0052】

以上、図5を用いて説明した構成の第2実施形態のマイクロマシン20におい

ては、孔パターン9 a内を空間部Aとして、この上部を塞ぐように振動子電極1 1' が配置され、振動子電極1 1' には空間部Aに連通する孔部1 1 bが設けられている。このため、特定周波数の電圧を印可して振動子電極1 1' を振動させた場合、孔パターン9 aを塞ぐ振動子電極1 1' 部分が振動し、この部分が振動子電極1 1' の振動部1 1 a' となる。したがって、孔パターン9 aの大きさによって、振動部1 1 a' のビーム長Lが設定されることになる。このため、第1実施形態のマイクロマシンと同様に、出力電極7の線幅に依存することなく、孔パターン9 aの大きさによってビーム長Lを設定することが可能となる。この結果、ビーム長Lの微細化による高周波化の達成、および出力の維持を達成することが可能になる。

【0053】

特に、本第2実施形態のマイクロマシン20は、振動子電極1 1' によって孔パターン9 aが塞がれるため、ビーム（振動部）1 1 a' が全周にわたって層間絶縁膜9に支持固定された状態となっており、しかも、振動子電極1 1' の両端部、すなわちビーム（振動部）1 1 a' を支持するアンカー部分が、その全面にわたって層間絶縁膜9に対して固定されているだけでなく、振動部1 1 a' の側面が孔パターン9 aの側壁部分によって支持された状態となっている。このため、第1実施形態のマイクロマシンと比較して振動子電極1 1' の支持状態がさらに確実になり、固有振動周波数をさらに上昇させることが可能である。

【0054】

<第3実施形態>

図6は第3実施形態のマイクロマシンの構成を示す断面図である。この図に示す第3実施形態のマイクロマシン30と、第1実施形態において図1を用いて説明したマイクロマシンとの異なるところは、層間絶縁膜31の構成にあり、他の構成は同様であることとする。

【0055】

すなわち、このマイクロマシン30は、出力電極7を覆う状態で基板5上に設けられた層間絶縁膜31が、第1層32とその上部の第2層33との2層で構成されている。

【0056】

このうち、第1層32は、出力電極7を埋め込むために十分な膜厚を有していることとする。この第1層32は、表面平坦に形成されていることが好ましいが、このような形状に限定されることはなく、出力電極7の配置に追従した凸部を有する表面形状で当該出力電極7を覆うものであっても良い。そして、この第1層32には、出力電極7に達する孔パターン32aが設けられている。この孔パターン32aは、出力電極7上からはみ出すことなく、出力電極7上のみに配置されることが好ましいが、これに限定されることはない。

【0057】

また、第2層33は、第1層32よりも十分に薄い膜厚を有し、第1層32の孔パターン32aの内壁に沿ってこれを覆う状態で、第1層32上に設けられている。また、第2層33の膜厚は、第1層32を保護でき、かつ振動子電極11の下部に配置される空間部Aの高さと略等しいかこれよりも厚いこととする。そして、この第2層33には、出力電極7に達する孔パターン33aが設けられている。この孔パターン33aは、第1層32の孔パターン32aの内側に形成され、出力電極7上からはみ出すことなく出力電極7上のみに配置され、かつ第1層32が露出することのないように設けられることとする。また、出力電極7上は、所定幅（長さ）の第2層33部分で覆われることとする。

【0058】

そして、これらの第1層32および第2層33で構成された層間絶縁膜31上に設けられた振動子電極11は、第2層33を介して第1層32の孔パターン32aの側壁に沿って配設されることで、孔パターン32a側に凹状に設けられている。また、振動子電極11は、第2層33の孔パターン33a内を空間部Aとして、この空間部Aを横切る状態で設けられている。このため、空間部A上、すなわち孔パターン33aに重ねて配置された部分が振動部（ビーム）11aとなる。

【0059】

ここで、振動子電極11は、第2層33の孔パターン33aの側壁に沿って、孔パターン33a側（すなわち空間部A側）に凹状に設けられても良い。この場

合、振動子電極 11 は、出力電極 7 側に向かう 2 段階の凹状に構成される。このため、振動部 11a の側面側が、階段状に支持された状態となる。尚、振動部 11a の中央部分の表面が層間絶縁膜 31 (第 2 層 33) の表面よりも任意の値 (d) だけ低く設けられていることが好ましいことは、第 1 実施形態と同様である。

【0060】

次に、上述した第 3 実施形態のマイクロマシンの製造方法の一例を、図 7 および図 8 の断面工程図を用いて詳細に説明する。

【0061】

先ず、図 7 (1) に示すように、半導体基板 3 上を絶縁層 4 で覆ってなる基板 5 を形成し、この上部に出力電極 7 を形成するまでを、第 1 実施形態で図 2 (1) および図 2 (2) を用いて説明したと同様に行う。

【0062】

次に、図 7 (2) に示すように、出力電極 7 を覆う状態で、基板 5 上を層間絶縁膜の第 1 層 32 で覆う。この際、例えば、出力電極 7 が埋め込まれるように基板 5 上に出力電極 7 の膜厚よりも厚い膜厚で第 1 層 32 を形成し、この第 1 層 32 の表面を平坦化することが好ましい。この第 1 層 32 は、例えば酸化シリコンを用いて形成されることとする。その後、この第 1 層 32 に、出力電極 7 に達する孔パターン 32a を形成する。

【0063】

次いで、図 7 (3) に示すように、第 1 層 32 の孔パターン 32a の内壁を覆う状態で、第 1 層 32 よりも十分に膜厚の薄い第 2 層 33 を形成する。この第 2 層 33 は、後に行われる犠牲層のエッチング除去に対してエッチング耐性を有する絶縁性材料からなることとする。この際、例えば上述した犠牲層を酸化シリコンで形成する場合には、窒化シリコンからなる第 2 層 33 を形成することとする。

【0064】

そして、この第 2 層 33 に、出力電極 7 に達する孔パターン 33a を形成する。この孔パターン 33a は、上述したように、完全に出力電極 7 上のみに配置さ

れるような開口形状で形成されることとし、これにより、孔パターン33aの底部を出力電極7とする。

【0065】

以上の後、図7(4)に示すように、孔パターン33aの底部に露出している出力電極7の表面を犠牲層10で覆う。この犠牲層10は、第2層33および出力電極7に対して選択的に除去が可能な材料、例えば酸化シリコンで構成されることとする。この場合、この犠牲層10は、第1実施形態において図2(4)を用いて説明したと同様に形成する。またここでは、犠牲層10の表面が、第2層33の表面と同程度かそれよりも低くなるように犠牲層10の形成を行うことが重要である。

【0066】

その後、図8(5)～図8(7)に示す工程は、第1実施形態において図3(5)～図3(7)を用いて説明したと同様に行う。ただし、図8(7)に示す工程で、犠牲層10を除去する場合には、配線15、振動子電極11、第2層33および出力電極7に対して選択的に犠牲層10をエッチング除去することとする。

【0067】

以上により、図6に示すように、振動子電極11の下部に犠牲層を除去してなる空間部Aを形成すると共に、孔パターン33a底部の出力電極7を露出させる。そして、孔パターン33a内を空間部Aとしてこの上部を横切るように、第2層33上に帯状の振動子電極11を設けてなるマイクロマシン30を得る。

【0068】

以上説明した第3実施形態のマイクロマシン30においては、孔パターン33a内を空間部Aとして、この上部を横切るように振動子電極11が配置されており、また振動子電極11のビーム(振動部)11aの側面が孔パターン32a、33aの側壁部分に支持された状態となっている。このため、第1実施形態のマイクロマシンと同様に、Q値が高く、かつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【0069】

<第4実施形態>

図9 (a) は第4実施形態のマイクロマシンの構成を示す断面図であり、図9 (b) は第4実施形態のマイクロマシンの構成を示す平面図である。尚、図9 (a) は図9 (b) のA-A' 断面に相当する。

【0070】

これらの図に示す第4実施形態のマイクロマシン40と、第1実施形態において図1を用いて説明したマイクロマシンとの異なるところは、出力電極7' が溝配線として構成されている点にあり、他の構成は同様であることとする。

【0071】

すなわち、これらの図9 (a) , 図9 (b) に示すマイクロマシン40の出力電極7' は、層間絶縁膜9' に形成された孔パターン9 a' 内に溝配線として設けられており、層間絶縁膜9' から出力電極7' の上面全体が露出された状態となっている。このため、層間絶縁膜9' に形成された孔パターン9 a' は、出力電極7' から引き出された配線部分も露出させるような溝配線パターンとして形成されていることとする。

【0072】

次に、上述した第4実施形態のマイクロマシンの製造方法の一例を、図10および図11の断面工程図を用いて詳細に説明する。

【0073】

まず、図10 (1) に示すように、半導体基板3上を絶縁層4で覆ってなる基板5を形成するまでを、第1実施形態で図2 (1) を用いて説明したと同様に行う。

【0074】

次に、図10 (2) に示すように、基板5上に層間絶縁膜9' を形成し、この層間絶縁膜9' に基板5 (絶縁膜4) に達する溝配線用の孔パターン9 a' を形成する。

【0075】

その後、図10 (3) に示すように、孔パターン9 a' 内に出力電極7' を形成する。ここでは、例えば、孔パターン9' 内を埋め込むように、出力電極7'

を構成する第1導電層（ポリシリコン層）を層間絶縁膜9'上に形成し、次いで層間絶縁膜9'上の第1導電層をCMPにより研磨除去する。しかる後、孔パターン9'内の第1導電層をエッチバックすることで、当該第1導電層からなる出力電極7'を、層間絶縁膜9'よりも十分に低い膜厚で形成する。

【0076】

次いで、図10（4）に示すように、出力電極7'の露出表面上に選択的に犠牲層10を形成する。この工程は、第1実施形態において図2（4）を用いて説明したと同様に行う。そして、その後の工程は、第1実施形態において図3（5）～図3（7）を用いて説明したと同様に行い、これにより、図9を用いて説明した構成のマイクロマシン40を得る。

【0077】

以上説明した第4実施形態のマイクロマシン40であっても、孔パターン9a'内を空間部Aとして、この上部を横切るように振動子電極11が配置されており、また振動子電極11のビーム（振動部）11aの側面が孔パターン9a'の側壁部分に支持された状態となっている。このため、第1実施形態のマイクロマシンと同様に、Q値が高く、かつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【0078】

<第5実施形態>

図11は第5実施形態のマイクロマシンの構成を示す断面図である。この図に示す第5実施形態のマイクロマシン50と、第1実施形態において図1を用いて説明したマイクロマシンとの異なるところは、振動子電極11を覆う状態で層間絶縁膜9上に絶縁膜51が設けられている点にあり、他の構成は同様であることとする。

【0079】

すなわち、このマイクロマシン50においては、層間絶縁膜9上に支持されている振動子電極11部分、すなわち振動子電極11における振動部11aの両脇部分が、層間絶縁膜9とこの上部の絶縁膜51との間に挟持されている。また、配線15も、層間絶縁膜9と絶縁膜51との間に挟持される。

【0080】

ここで、層間絶縁膜9上に積層された絶縁膜51は、層間絶縁膜9の孔パターン9aを第1孔パターン9aとした場合、この第1孔パターン9aとほぼ同じ位置に略同一形状の第2孔パターン51aを有していることとする。尚、この第2孔パターン51aは、振動子電極11における振動部11aの振動を妨げることのない大きさであれば良い。

【0081】

次に、上述した第5実施形態のマイクロマシンの製造方法の一例を、図12の断面工程図を用いて詳細に説明する。

【0082】

先ず、第1実施形態で図2および図3を用いて説明したと同様の手順で、層間絶縁膜9上に振動子電極11および配線15を形成するまでを行う。

【0083】

その後、犠牲層10を除去する前に、図12(8)に示すように、振動子電極11および配線15を覆う状態で、層間絶縁膜9上に絶縁膜51を形成する。この絶縁膜51は、後に行われる犠牲層10のエッチング除去に対してエッチング耐性を有する絶縁性材料からなることとし、ここでは窒化シリコンからなる絶縁膜51を形成することとする。

【0084】

次に、図12(9)に示すように、層間絶縁膜9の第1孔パターン9aに重ねて、絶縁膜51に第2孔パターン51aを形成する。その後、振動子電極11、層間絶縁膜9、出力電極7および絶縁膜51に対して選択的に犠牲層10をエッチング除去する。この際、バッファードフッ酸を用いたウェットエッチングを行うことで、振動子電極11下の酸化シリコンからなる犠牲層10を確実に除去する。

【0085】

これにより、図11に示したように、振動子電極11の下部に犠牲層を除去してなる空間部Aを形成すると共に、第1孔パターン9a底部の出力電極7を露出させる。そして、第1孔パターン9a内を空間部Aとしてこの上部を横切るよう

に、層間絶縁膜 9 上に帯状の振動子電極 11 を設けてなるマイクロマシン 50 を得る。

【0086】

以上説明した構成の第 5 実施形態のマイクロマシン 50 であっても、孔パターン 9 a' 内を空間部 A として、この上部を塞ぐように振動子電極 11 が配置されており、また振動子電極 11 のビーム（振動部）11 a の側面が孔パターン 9 a' の側壁部分に支持された状態となっている。しかも、振動子電極 11 における振動部 11 a の両脇部分が、層間絶縁膜 9 とこの上部に設けられた絶縁膜 51 との間に挟持されているため、第 1 実施形態と比較して、さらに振動子電極 11 の支持が確実になる。したがって、第 1 実施形態よりもさらに確実に、Q 値が高く、かつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【0087】

<第 6 実施形態>

図 13 は第 6 実施形態のマイクロマシンの構成を示す断面図である。この図に示す第 6 実施形態のマイクロマシン 60 は、図 11 を用いて説明した第 5 実施形態のマイクロマシンの変形例である。本第 6 実施形態のマイクロマシン 60 と、図 11 を用いて説明したマイクロマシンとの異なるところは、振動子電極 61 の構成にあり、他の構成は同様であることとする。

【0088】

すなわち、このマイクロマシン 60 においては、振動子電極 61 が、出力電極 7 側に向かって凹状となる部分がなく、その振動部 61 a も含めて平坦な形状で構成されている。そして、振動子電極 61 における振動部 61 a の両脇部分が、層間絶縁膜 9 とこの上部の絶縁膜 51 との間に挟持されている。また、配線 15 も、層間絶縁膜 9 と絶縁膜 51 との間に挟持される。

【0089】

このような構成の振動子電極 61 を備えたマイクロマシン 60 を製造する場合には、第 1 実施形態のマイクロマシンの製造方法において、図 2（4）を用いて説明した犠牲層 10 を形成する工程で、孔パターン 9 a と同じ高さの犠牲層 10 を形成し、その後は第 5 実施形態と同様の手順を行うと言った方法が採用される

【0090】

以上、図13を用いて説明した構成の第6実施形態のマイクロマシン60においては、孔パターン9a内を空間部Aとして、この上部を横切るように振動子電極61が配置されている。このため、第1実施形態と同様に、特定の周波数の電圧を印可して振動子電極11を振動させた場合、孔パターン9a上を横切る振動子電極61部分が振動し、この部分が振動子電極61の振動部61aとなる。したがって、孔パターン9aの大きさによって、振動部61aの長さ（ビーム長L）が設定されることになる。

【0091】

したがって、第1実施形態で説明したように、ビーム長Lの微細化と、これによる高周波化の達成が可能となると共に、高周波化を目的としてビーム長Lを微細化した場合であっても、出力を維持することが可能になる。

【0092】

そして特に、本第6実施形態の構成のマイクロマシン60においては、第5実施形態で説明したと同様に、振動子電極61の両端部、すなわち振動部61aを支持するアンカー部分を、層間絶縁膜9とこの上部に設けられた絶縁膜51との間に挟持させたことで、層間絶縁膜9と絶縁膜51とで確実に振動子電極61を支持することができ、振動部のみを振動に寄与させることが可能になる。この結果、所定周波数の電圧を印可して振動子電極11を振動させた場合、ビーム（振動部）15aのみが振動に関与して振動することになる。したがって、固有振動周波数が、上述した式（1）を満たす理論上の値（振動部の長さLの二乗に反比例した値）により近くなる。このことから、微細化による高周波化の達成が容易になる。

【0093】

ここで、先の図4には、第6実施形態のマイクロマシン60における、固有振動数のビーム長L依存性のシミュレーション結果を合わせて示した。この図に示すように、第6実施形態のマイクロマシン60においては、固有振動数のビーム長依存性が、上述した式（1）を満たす理論上の値（Theory）により近くなり、

微細化による高周波化の達成が容易になることが確認された。

【0094】

尚、上述した第6実施形態においても、振動子電極61は、その両端部に線幅の大きな部分が設けられた形状であっても良く、これによりビーム（振動部）61aの支持を確実にし、固有振動周波数をさらに上昇させることが可能である。

【0095】

また、上述した第3－第6実施形態は、第2実施形態と組み合わせ、各振動子電極によって孔パターンを塞ぐ様にしても良い。このようにすることで、各第3－第6実施形態の効果に加え、さらに振動子電極の支持を確実にして固有振動周波数の向上を図ることが可能になる。

【0096】

【発明の効果】

以上説明したように本発明のマイクロマシンおよびその製造方法によれば、振動子電極における振動部の長さ（ビーム長）を出力電極の幅よりも短くでき、しかも振動部の長さに対して出力電極と振動子電極との間の容量を大きくすることが可能になると共に、層間絶縁膜に対する振動子電極の支持を確実にすることが可能になる。したがって、ビーム長の微細化が可能になるだけでなく、固有振動周波数を理論値に近づけられるため高周波化の達成が容易になる。この結果、Q値が高くかつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1実施形態のマイクロマシンの断面図および平面図である。

【図2】

第1実施形態の製造方法を示す断面工程図（その1）である。

【図3】

第1実施形態の製造方法を示す断面工程図（その2）である。

【図4】

ビーム長（L）に対する固有振動数のシミュレーション結果を示すグラフであ

る。

【図 5】

第 2 実施形態のマイクロマシンの断面図および平面図である。

【図 6】

第 3 実施形態のマイクロマシンの断面図である。

【図 7】

第 3 実施形態の製造方法を示す断面工程図（その 1）である。

【図 8】

第 3 実施形態の製造方法を示す断面工程図（その 2）である。

【図 9】

第 4 実施形態のマイクロマシンの断面図および平面図である。

【図 10】

第 4 実施形態の製造方法を示す断面工程図である。

【図 11】

第 5 実施形態のマイクロマシンの断面図である。

【図 12】

第 5 実施形態の製造方法を示す断面工程図である。

【図 13】

第 6 実施形態のマイクロマシンの断面図である。

【図 14】

従来のマイクロマシン（微小振動子）の構成を示す図である。

【図 15】

従来の製造方法を示す断面工程図である。

【図 16】

従来のマイクロマシンの課題を説明するためのグラフである。

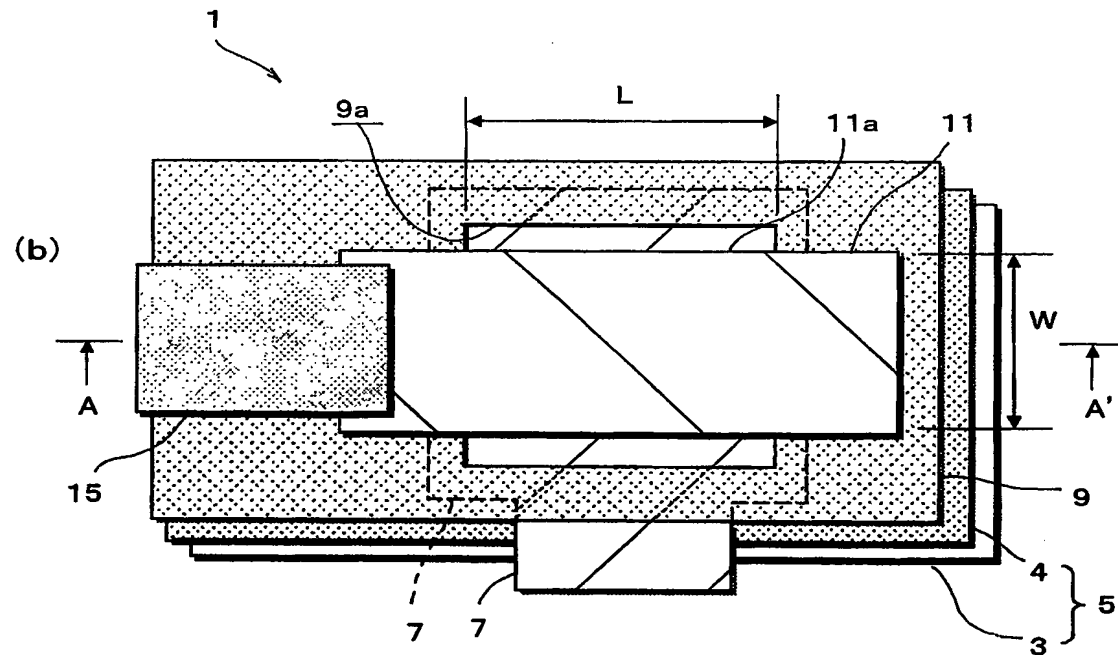
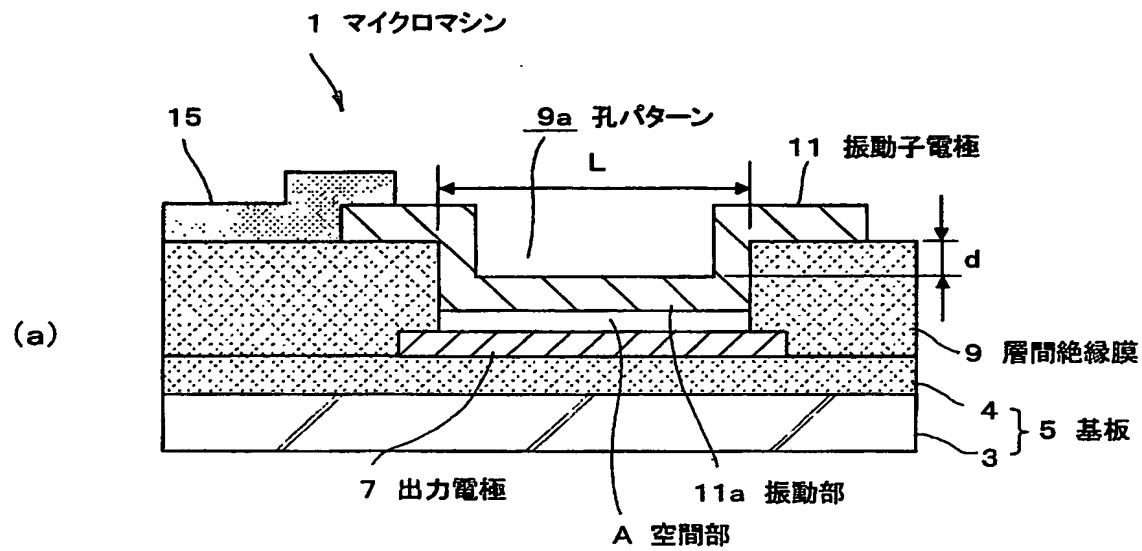
【符号の説明】

1、20、30、40、50、60…マイクロマシン、5…基板、7、7' …出力電極、9、9'、31…層間絶縁膜、9a、9a'…孔パターン（第1孔パターン）、10…犠牲層、11、11'、61…振動子電極、11a、11a'

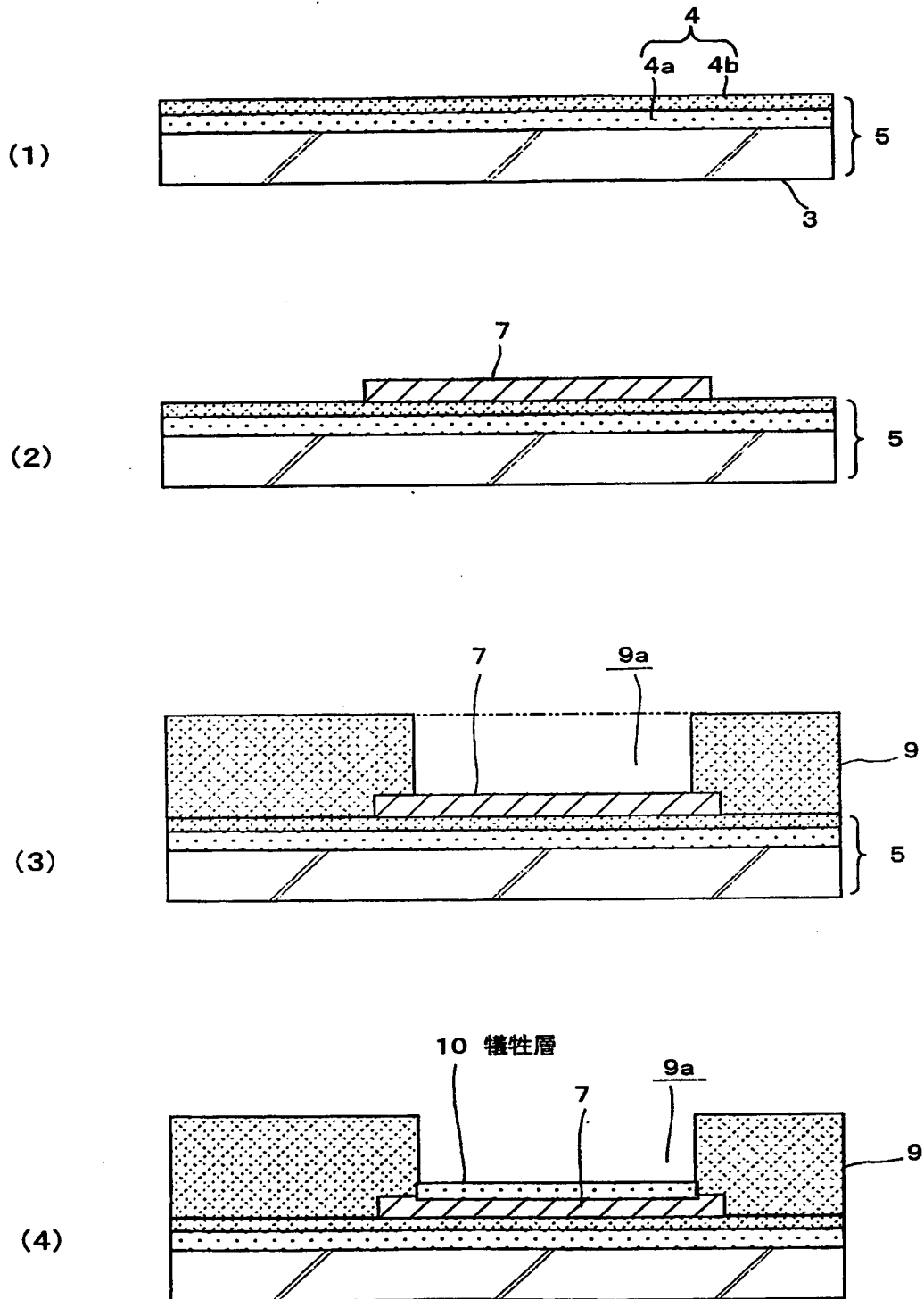
、61a…ビーム（振動部）、11b…孔部、51…絶縁膜、51a…第2孔パターン）、A…空間部

【書類名】 図面

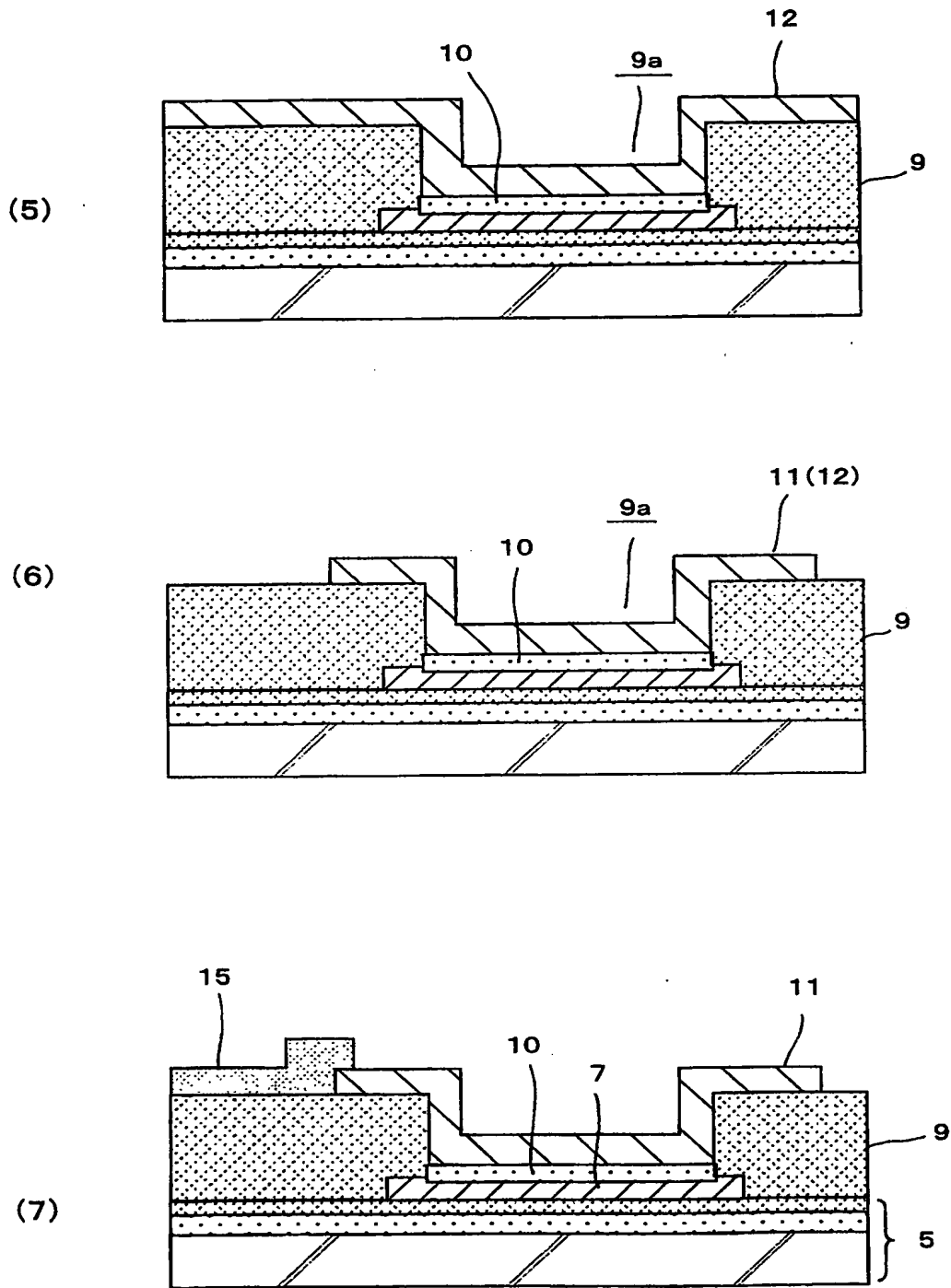
【図 1】



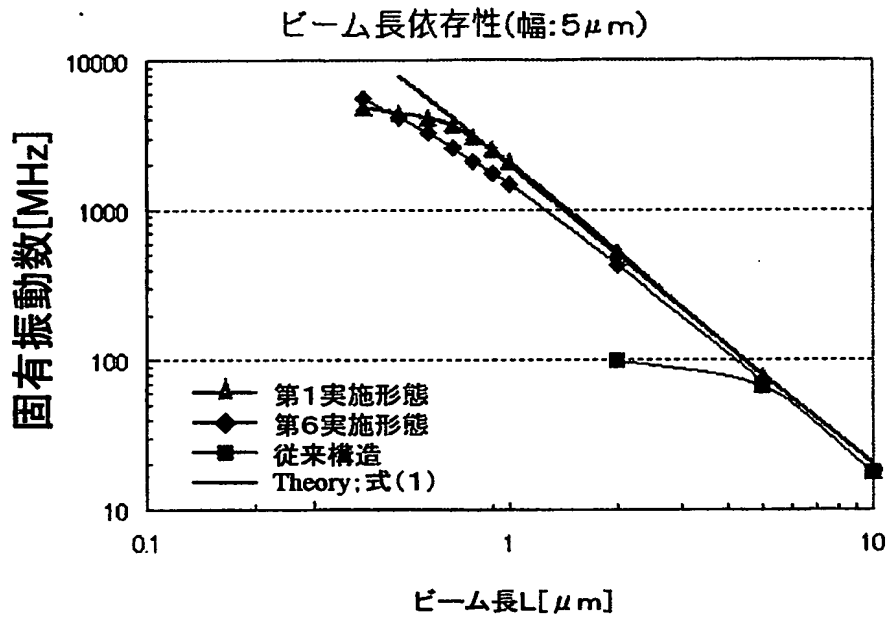
【図 2】



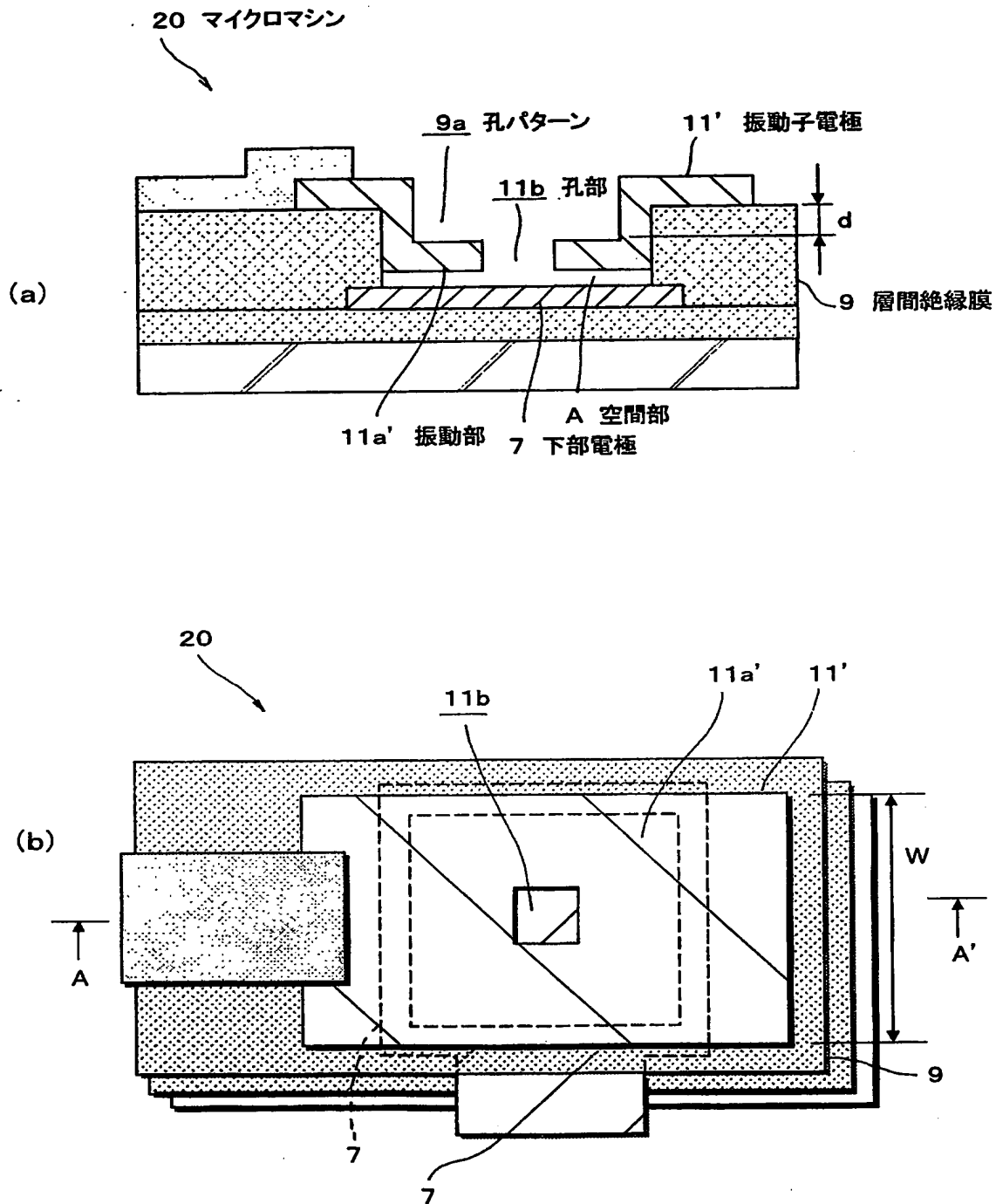
【図 3】



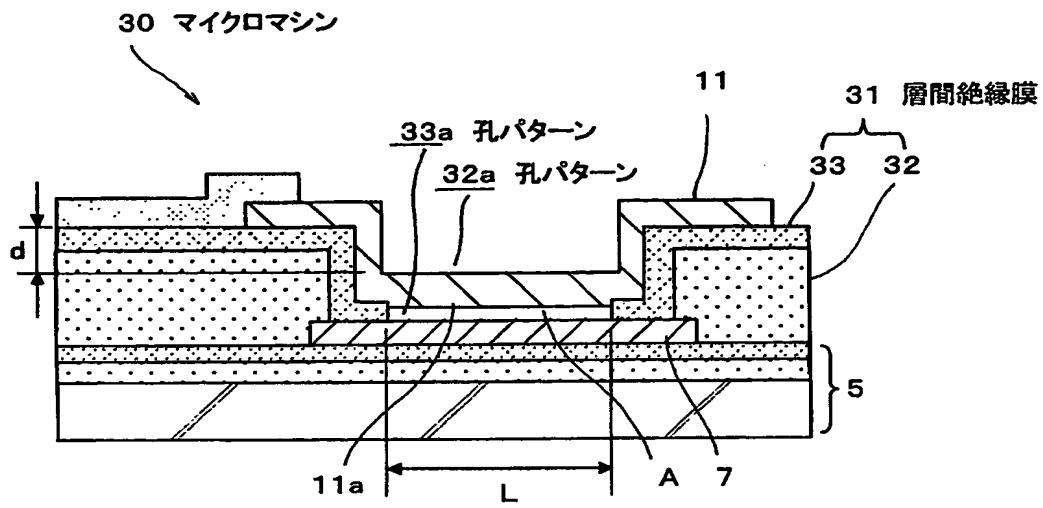
【図 4】



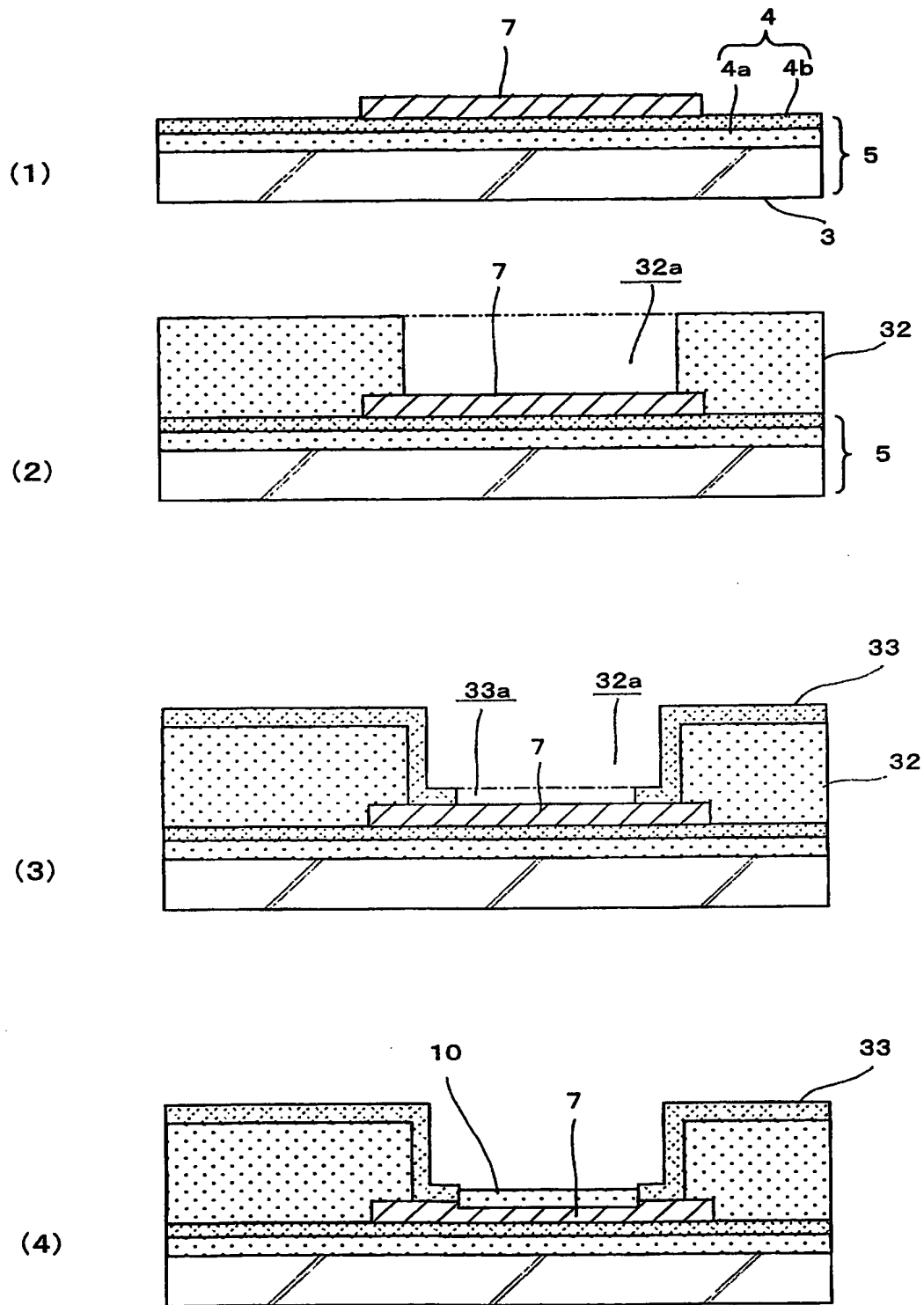
【図5】



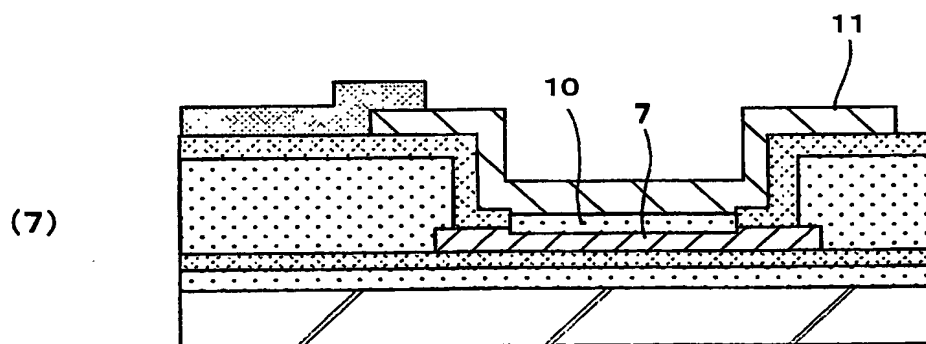
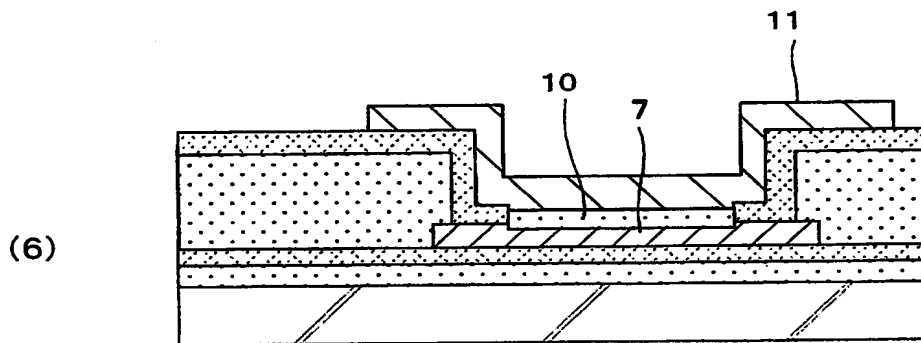
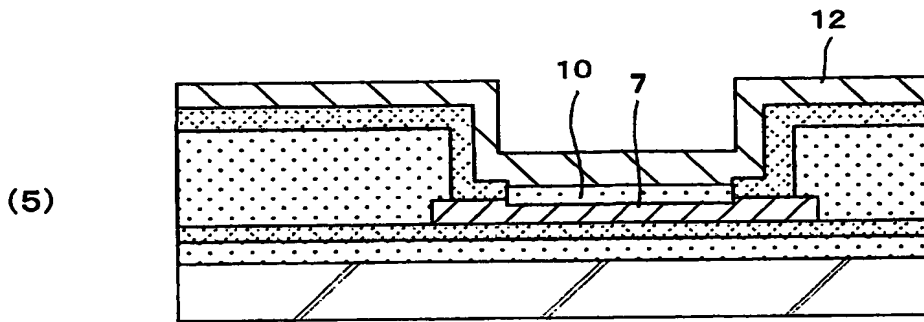
【図 6】



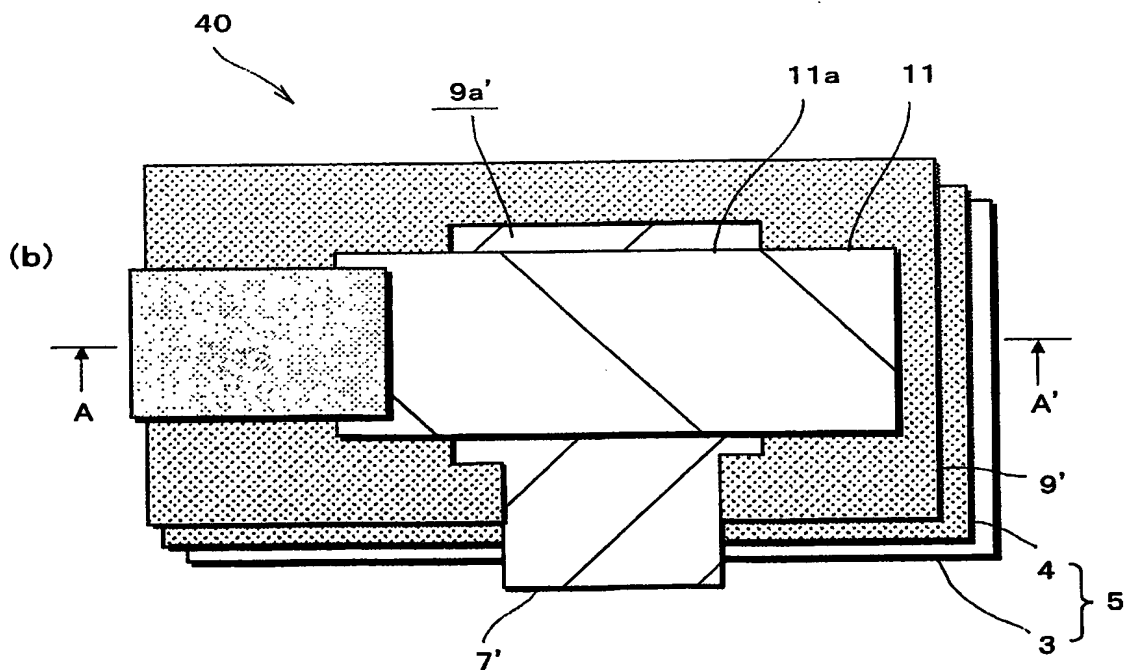
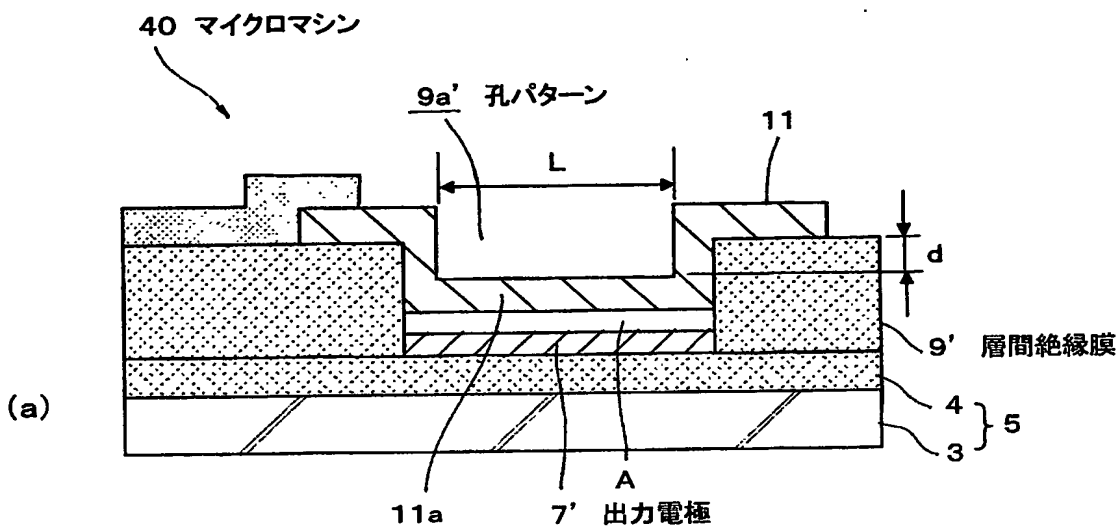
【図 7】



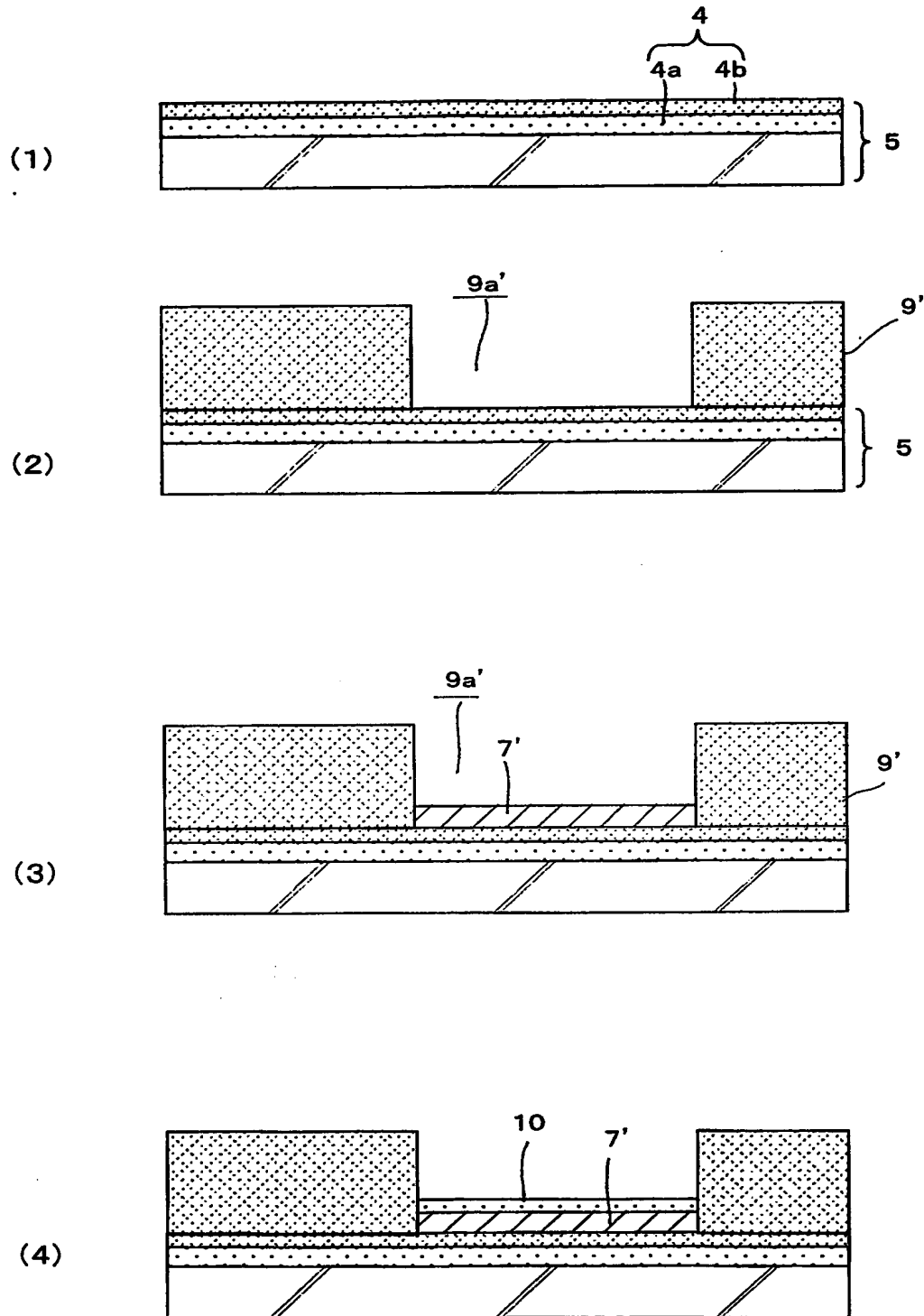
【図 8】



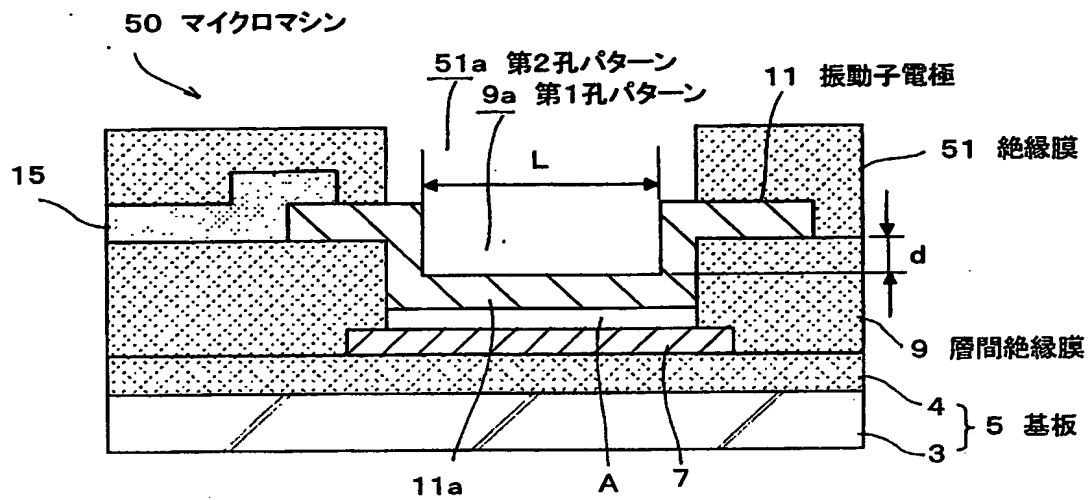
【図 9】



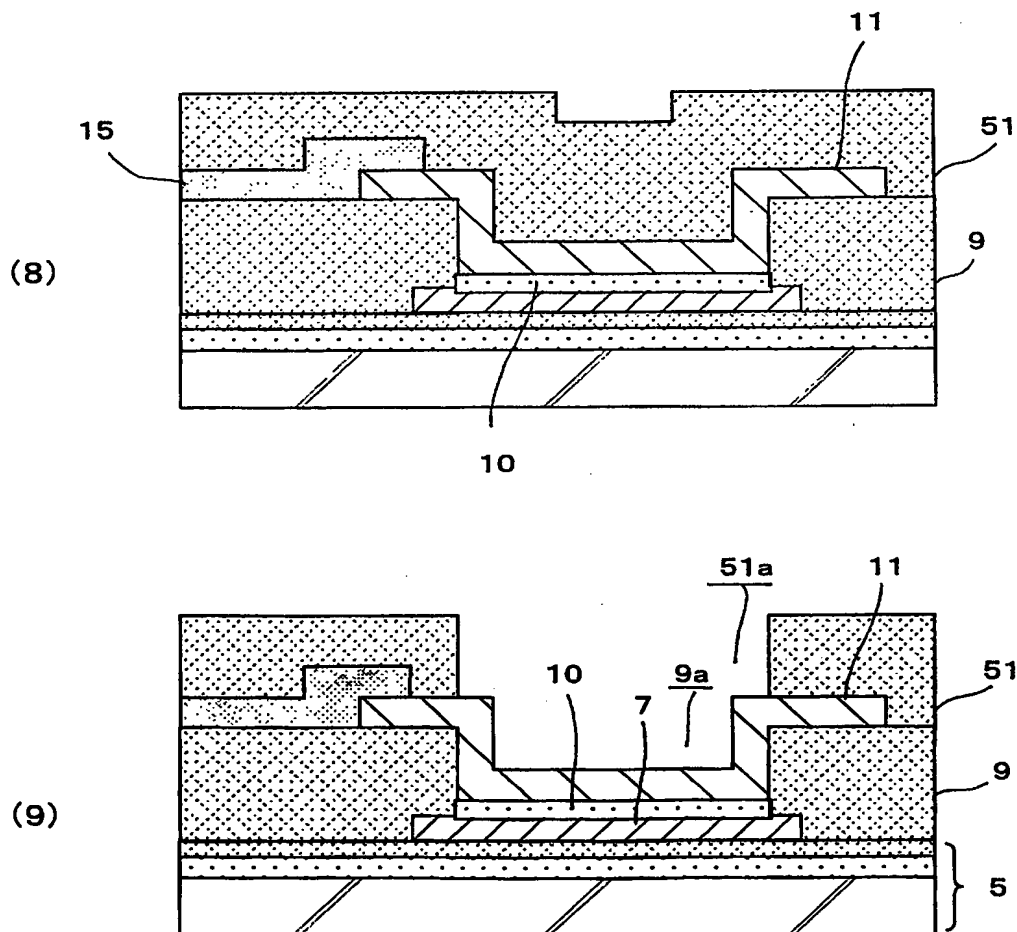
【図10】



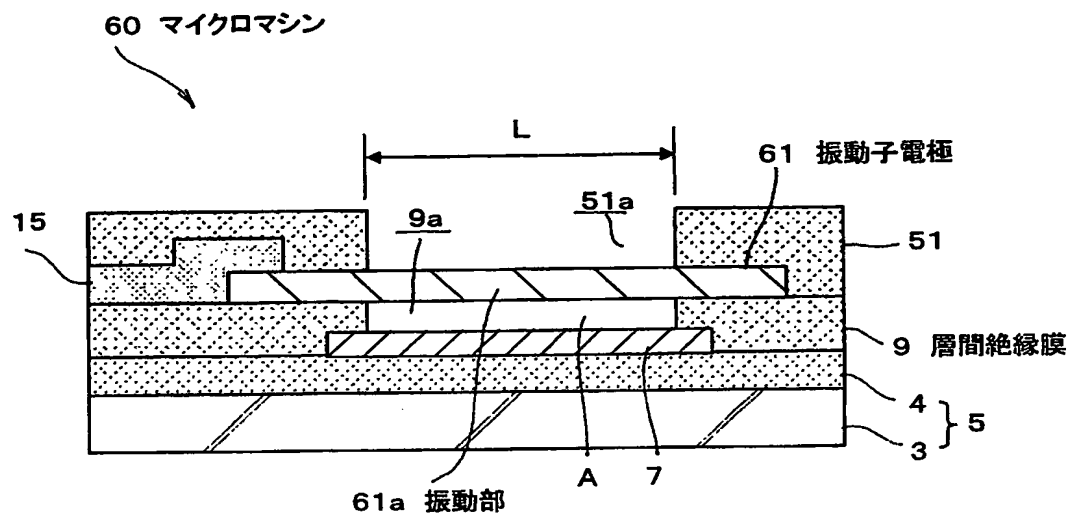
【図11】



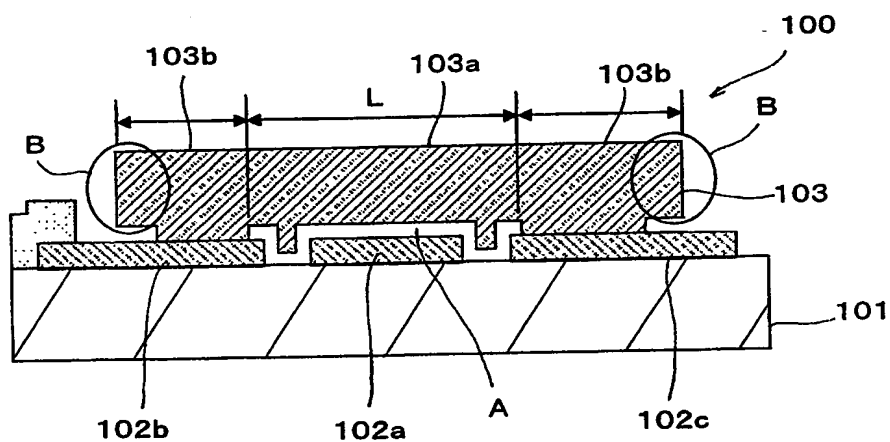
【図12】



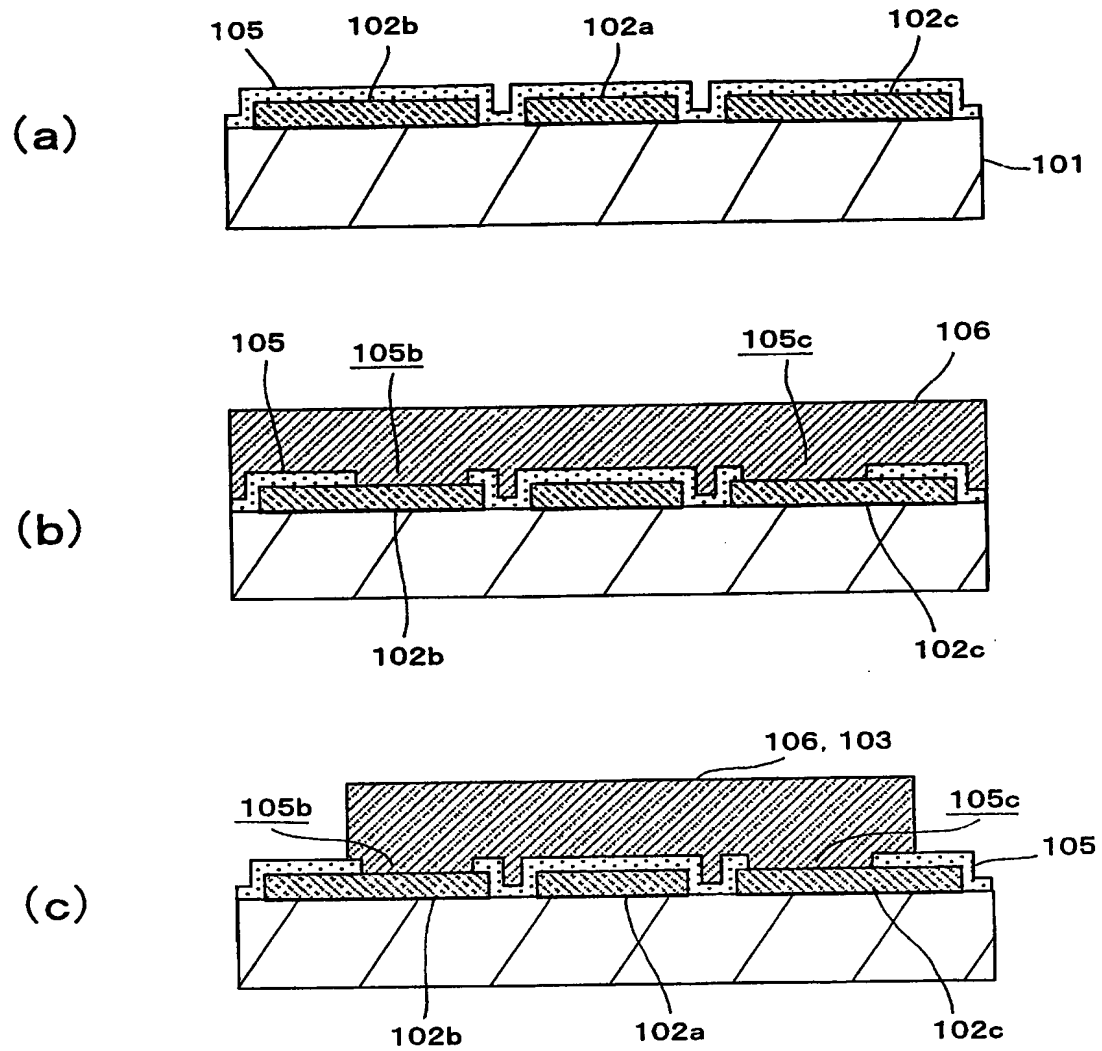
【図13】



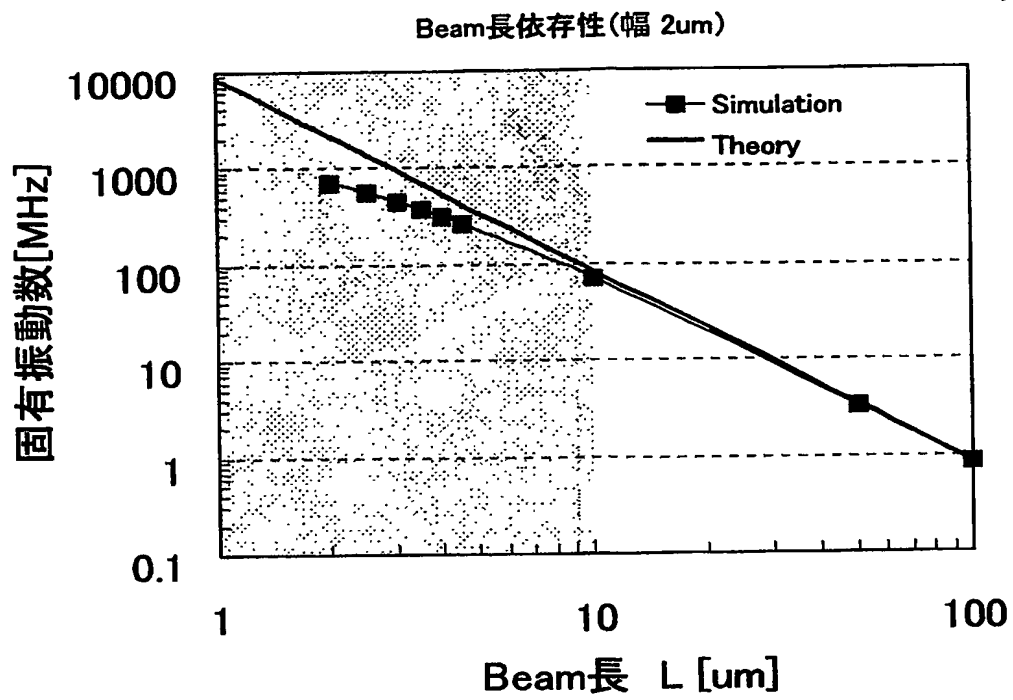
【図14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 Q値が高く、かつ周波数帯域のより高い高周波フィルタ用のマイクロマシンを得る。

【解決手段】 基板5上に設けられた出力電極7と、基板5を覆う状態で設けられると共に出力電極7を底部とした孔パターン9aを備えた層間絶縁膜9と、孔パターン9a内を空間部Aとしてこの上部を横切るように層間絶縁膜9上に設けられた帯状の振動子電極11とを備えたマイクロマシン1であり、振動子電極11は、孔パターン9aの側壁に沿って孔パターン9a側に凹状に設けられていることを特徴としている。

【選択図】 図1

特願 2002-350639

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002185]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名

ソニー株式会社